

論文の内容の要旨

論文題目 大圧下熱間圧延による鋼板内部組織制御のための鋼板内部組織予測手法

氏 名 森本 敬治

21世紀に入り環境負荷軽減要求が強く、薄鋼板製造時及び利用時の省エネルギーが強く望まれている。しかしながら日本における鋼板製造時のエネルギー原単位は低く、これ以上のエネルギー原単位低減は容易ではない。そこで薄鋼板の高強度化により輸送機器等を軽量化し、利用時のエネルギー原単位を低減して環境負荷低減に貢献する。従来より高強度鋼板は存在していたが、構造体に加工する際の塑性加工性が伴わず十分実用化されていなかった。鉄鋼材料を含む構造用金属材料の強度や塑性加工性に関連する機械的特性は、材料の内部構造に依存した特性である。従って薄鋼板の強度・塑性加工性を制御するためには、鋼板内部組織の制御を行わなければならない。本論文は、大圧下熱間圧延を利用した鋼板内部組織制御を適用事例としつつ、そのための鋼板内部組織予測手法についてまとめたものである。

以下のように本論文を構成した。第1章の序論では、従来の内部組織制御手法であるThermo Mechanical Controlled Processと違い、希少合金元素を使用せず短パス間時間の連続大圧下圧延で超微細粒鋼板を創製する大圧下熱間圧延法を説明する。また再結晶の繰り返しや熱間連続圧延によるひずみの累積とパス間でのひずみの回復を考慮できる、転位密度を状態変数とする増分形再結晶解析を説明する。第2章は増分形再結晶・変態解析とオロワン圧延理論解析と差分温度解析により連成理論解析モデルを構成することで、熱間薄板連続圧延と線材圧延における内部組織の予測精度を検証した。差分温度解析は被圧延材と圧延ロールの間にスケール層を想定することが特徴である。通常熱間圧延時の内部組織予測精度は良好であったが、大圧下熱間圧延時の内部組織予測精度が低かった。その理由としてフェライト変態が粒界核生成モデルに基づくためであろうと推定した。第3章では、粒内核生成モデルに基いた転位セル組織からのフェライト変態を考慮することで、大圧下熱間圧延により超微細粒鋼の生成が予測できることを示した。同時にオロワン圧延理論の非対称圧延への拡張と、熱間圧縮試験機と後方散乱電子解析を用いた再結晶率測定により、重要な材料定数の1つであるオーステナイト低温域での熱間再結晶速度の見直しを行った。ついで、異方性の予測に研究を進め、変形および変態集合組織の予測手法を第4章で提案した。大圧下熱間圧延による鋼板の集合組織を予測するため、オロワン圧延理論から計算したひずみ・スピンを用い、アサロモデルと組

み合わせテイラー変形集合組織予測手法を構築。熱間圧延中の結晶の滑り変形に必要な臨界せん断応力を、圧延負荷・内部組織を一貫して解析できる連成理論解析モデルから導出する特徴を持つ。更に予測したオーステナイト変形集合組織からクルジモフ-ザックス関係によりフェライト変態集合組織まで予測する手法を提案する。第5章では再結晶集合組織の予測手法を提案した。前章で予測した圧延変形集合組織予測手法から結晶方位滑り変形履歴情報を引き続くことで冷間焼鈍集合組織と熱延焼鈍集合組織を精度良く予測する手法を開発した。臨界せん断応力は、実測した圧延負荷データからオロワン圧延理論を使って相当応力へ換算し、一定値のテイラーファクターで除して算出するものである。第6章では深絞り性の指数であるランクフォード値とヤング率とリジニング量を前章で予測した結晶方位から予測した結果を示した。金属内部組織から機械的特性・塑性加工性を予測する研究はまだ完成されておらず今後の課題である。第7章は結言である。大圧下熱間圧延は大圧下冷間圧延と同様、残留転位密度が大きくなり転位セルができる現象であり、残留転位密度からのフェライト粒径予測式や熱間での転位セル生成条件を提示した。大圧下熱間圧延で製造されている鋼板は、IF鋼から高炭素鋼まで多品種に渡り、通常熱間圧延材より塑性加工性が向上し、環境負荷低減要求に込えている。

第2章（加工中内部組織変化、変態による内部組織変化）から変形集合組織（第4章）、再結晶集合組織（第5章）へとつながる一貫した予測手法を、実生産されている大圧下熱間圧延について可能としたのは、世界初の試みであり成果でもある。